

TARTU ÜLIKOOL

Loodus- ja tehnoloogiateaduskond

Tehnoloogiainstituut

Ott Sellis

**LOODUSKAITSELISTEL EESMÄRKIDEL KOTKAPÜÜGIKS  
KASUTATAV ROBOTTOPIS**

Bakalaureusetöö (12 EAP)

Juhendaja:

BSc Artur Abels

Tartu 2015

# Sisukord

1. Tähised, lühendid ja definitsioonid .....	4
2. Sissejuhatus .....	5
3. Eesti kotkad .....	6
3.1. Ohustatus .....	6
3.2. Seire ja kaitse.....	6
3.3. Suur-konnakotka jälgimine .....	7
3.4. Püük.....	7
4. Töö eesmärk .....	8
4.1. Mehaanika nõuded.....	8
4.2. Elektroonika nõuded.....	8
4.3. Programmi nõuded .....	8
5. Mehaanika kirjeldus .....	9
5.1. Topise ehituse kirjeldus.....	9
5.2. Mootorite valik ja tööpõhimõte .....	9
5.3. Komponentide paigutus.....	10
6. Elektroonika kirjeldus .....	11
6.1. Kontrollplaadi disain .....	11
6.2. Komponendid .....	12
6.2.1. Mikrokontroller .....	12
6.2.2. Heli .....	13
6.2.3. Raadiosaatja-vastuvõtja.....	14
6.2.4. Muud komponendid.....	15
7. Juhtprogramm.....	16
7.1. Plokkskeem.....	16

7.2. Mootorite juhtimine.....	16
7.3. Heliväljund .....	17
7.4. Silumine.....	17
8. Kokkuvõte .....	18
Abstract.....	19
9. Kasutatud kirjandus .....	20
10. Lisad .....	23

# 1. Tähised, lühendid ja definitsioonid

**SD** (ingl secure digital) – mälukaart andmete turvaliseks talletamiseks mobiilseadmetes.

**UART** (ingl universal asynchronous receiver/transmitter) – programmeeritud mikrokiip, mis juhib arvutit ja välisseadmeid ühendavat jadaliidest.

**Hz** (herts) – Sagedusühik, üks herts on pöördvõrdeline ühe sekundiga.

**MCU** (ingl MicroController Unit) – mikrokontroller, sünonüümina kasutatakse ka sõna „kivi”.

**LDO regulaator** (ingl low-dropout regulator) – madala sisend- ja väljundpinge vahemikuga lineaarne pingeregulaator.

**SPI** (ingl serial peripheral interface) – väliste seadmetega suhtlemiseks kasutatav nelja juhtmega jadaühendusega liides.

**DAC** (ingl digital-to-analog converter) – seade, mis muudab digitaalse signaali analoogsignaaliks.

**PDI** (ingl program and debug interface) – Atmeli poolt loodud liides mikrokiipide programmeerimiseks ja vigade silumiseks.

**Pöördemoment** – näitab jõudu, mida keha pöörlemisel tekitada suudab.

**Sensor** – Seade, mis muudab välismaailmast saadava info elektrisignaaliks.

**Püsimagnet** – püsivat magnetvälja tekitav keha. Püsimagnetil on kaks poolust, lõuna- ning põhjapoolus. Samapidised poolused tõukuvad ning eripidised tõmbuvad.

**Mähis** – mähis on keermestatud juhe, millest elektrivoolu läbi juhtimisel tekib magnetväli.

**Kommutaator** – silindriline, voolujuhtivastest detailidest koosnev seade, kus iga jupp on isoleeritud ning iga seadmeosa üks külg on voolallikaga ühendamiseks avatud.

**Lorentzi jõud** – elektri- ja magnetvälja poolt tekitatud laengule mõjuvate jõudude kombinatsioon [1].

**H-sild** – alalisvoolumootorite juhtimiseks kasutatav seade, mis koosneb neljast lülitist, mille abil on võimalik mootoritele mineva pinge polaarsust muuta.

## 2. Sissejuhatus

Tehnoloogia toodang kasvab pidevalt. Iga päev luuakse aina uusi seadmeid, mis aitavad kaasa inimeste arengule ja eluolule. Kahjuks on arenevas maailmas jäetud tagaplaanile loodus, mis on inimese arengu vundament. Tänu loodusele saab inimene täidetud oma baasvajadused, mida ei paku ükski nutiseade: hapniku, mida hingame, toidu, mida sööme ning kliima, kus elame. Enamus turule tulevaid tooteid ei paku loodusele mingit väärtust, vaid tihtipeale suurendavad oma tegevusega keskkonna rikutust. Kuna bakalaureusetöö autoril on seos Kotkaklubiga, mis on eesti kotkaste kaitsele orienteeritud rühmitus, siis annab valmiv seade loodusele abikäe, kergendades kotkameeste looduskaitsele suunatud töökoormat.

Eestis on kuus liiki kotkaid, kellest kõik on rangeima kaitse all [2]. Kotkaste liikumiste ja pesakoha valiku jälgimiseks kasutatakse väikseid raadio-, GPS- ja satelliitsaatjaid, mis neile rakmetega selga pannakse. Kotkauurijad on seeläbi saanud ligipääsu infole, mis ilma saatjateta poleks võimalik olnud. Uute andmete abil on saadud vastu võtta meetmeid, mis on lindude elu märgatavalt parandanud. Kuna seadmed pannakse kotkale rakmetega selga, siis tuleb lind eelnevalt kinni püüda [3]. Loomade ja lindude püüdmiseks kasutatakse lõkse, aga kuna ükski isend loomulikult lõksu astuda ei taha, tuleb looma kuidagi peibutada. Peibutiseks kasutatakse tavaliselt kas teisi loomi või makette ehk topiseid [4]

Minu bakalaureusetöö eesmärgiks on luua seade, mis muudaks topised püütavale isendile atraktiivsemaks ning seeläbi suurendaks iga kotkapüügi õnnestumisprotsenti. See muudaks linnu-uurijate töö märksa lihtsamaks ning suurendaks nende suutlikkust kaitsta Eestis haruldaseks jäänud linnuliike. Seeläbi võimaldaks see töö looduskaitse kaudu midagi tagasi anda keskkonnale, kus elame.

### **3. Eesti kotkad**

#### **3.1. Ohustatus**

Eestis on kuus liiki kotkaid, kellest kõik on rangeima kaitse all. Kotkapaare on Eestis kokku hinnatud vahemikus 975-1130. Neist väike-konnakotkaid 600-700 paari, merikotkaid 240-270 paari, kaljukotkaid 55-65 paari, kalakotkaid 75-85 paari ning suur-konnakotkaid kõigest 5-10 paari [5]. Kuuendaks liigiks loetakse madukotkast, keda viimati nähti pesitsemas 1970. aastate algul [6]. Kotkaklubi andmete kohaselt on kala-, meri- ja kaljukotka arvukus kasvav. Koos stabiilse arvukusega väike-konnakotkaga hinnatakse antud liikide seisundit soodsaks. Suur-konnakotka olukord on oma väga väikese arvukuse tõttu kehv.

#### **3.2. Seire ja kaitse**

Meri- ja kaljukotkaid on Eestis jälgitud juba 1960ndatest aastatest ning ülejäänud liike 70ndatest [2]. 1989. aastal loodi Einar Tammuri vedamisel kotkaste kaitsele spetsialiseeruv looduskaitse-kooperatiiv Kotkas. Kooperatiivi kasvu ning Eesti riigi iseseisvumise ning arengu tõttu kujunes sellest kotkameeste klubi, mis 1999. aastal sai ametlikuks nimeks Kotkaklubi. Kotkaklubi eesmärk on kaitsta kotkaid ning must-toonekurgesid, et nad jääksid Eestisse ka tulevikus [7]. Uurijad korraldavad igal aastal seireid, mille eesmärgiks on Eestis pesitsevate kotkaste arvukuse ning selle muutuste, samuti sigimisedukuse ning peamiste ohutegurite jälgimine. 2014. aasta kotkaste ja must-toonekure seire aruande järgi on enamus liikide produktiivsus positiivne. Produktiivsus märgib keskmist poegade arvu asustatud pesades. Ainuke uuritav kotkas, kelle produktiivsus pole 20 aasta vältel paranenud, on suur-konnakotkas. Pigem ollakse lähedal väljasuremisele. Praegusel ajal esineb Eestis vaid üks teadaolev paar, kus nii isas- kui emaslind on suur-konnakotkas. Ülejäänud on nii-öelda hübriidid – isas- või emaslind kuulub väike-konnakotka liiki. Kotkaurijate rõõmuks tõi ainuke „puhtavereline“ suur-konnakotka paar 2014.aastal ka ühe lennuvõimelise järglase. 25-st kontrollitud pesapaigast 17 olid varisenud, mis näitab, et liik pole pikemat aega pesitsenud ning vaid 3 olid asustatud, mis on madal näitaja. Suur-konnakotka produktiivsus oli vaid 0,5. Näiteks kalakotka sama näitaja oli 1,54 [5].

### 3.3. Suur-konnakotka jälgimine

Põhjus, miks suur-konnakotka arvukus on aastatega langenud, seisneb selles, et ta eelistab eraldatud piirkondi, mida jääb inimtegevuse tõttu järjest vähemaks. Lähimast inimasustusest teeb haruldane kotkas pesa vähemalt kahe kilomeetri kaugusele. Suur-konnakotka pisem lähisugulane väike-konnakotkas seevastu inimasustust pahaks ei pane. Seetõttu moodustab suurema liigi emaslind tihtipeale paari isase väike-konnakotkaga. Tänu oma julgusele on väiksem kotkas ka osavam jahimees, mistõttu on hübriidipaari poegadel suurem ellujäämisvõimalus. Hübriidide moodustumine süvendab veelgi enam suur-konnakotkaste liigi väljasuremist. Seetõttu on haruldaseks jäänud linnu kaitseks vaja allesjäänud isendite rännet ja elukohavalikut jälgida, et väheseidki sobivaid elupaiku tuvastada ja kaitsta. Kotkaste liikumiste talletamiseks kasutatakse väikseid satelliitsaatjaid, mis neile rakmetega selga pannakse. Rakmed tuleb kinnitada täiskasvanud linnule ning selleks on vaja kotkas kinni püüda [8].



Joonis 1. Suur-konnakotkas [9]

### 3.4. Püük

Lindude püüdmiseks on mitmeid mooduseid. Kotkaste, nagu ka teiste röövlindude puhul kasutatakse selleks ära nende kaitsemehhanisme. Röövlinnud ründavad territooriumi kaitsmiseks teisi röövlinde. Peibutiseks kasutatakse näiteks kaku topist, kes paigutatakse võrgu alla. Kaitsekombeid ära kasutavaks püügiks sobib näiteks loorvõrk. Loorvõrk on suuremõõtmeline õhukese niidiga püünis. Püütav lind ründab kakku ning selle tagajärjel lendab ta püünisesse, mis tema peale kokku langeb [4].

## **4. Töö eesmärk**

Minu bakalaureusetöö eesmärgiks on luua riistvaralahendus, mis liigutaks topise erinevaid jäsemeid ning teeks häält. Seadet oleks võimalik kasutada looduskaitse eesmärkidel kotkaste püügiks. Varasemalt on samalaadseks ülesandeks kasutatud kas liikumatuid topiseid või elusisendeid. Tavaline topis jääb tihtipeale kotkale märkamatuks. Eluslinnu kasutamisel tekib oht püügiks kasutatavat lindu vigastada. Sellest tulenevalt tekkis idee luua seade, mis kasutaks ära mõlema variandi positiivseid külgi ning eemaldaks negatiivsed. Liikuv ning heliväljundiga topis tõmbaks rohkem tähelepanu kui tema liikumatu liigikaaslane. Samuti ei suurene tehislinnu kasutamisel oht rohkemate elusisendite elule.

### **4.1. Mehaanika nõuded**

Kuna seadme eesmärk on püütavat lindu petta, siis peab seade suutma sooritada liigutusi, mis sarnanevad tegeliku linnu omadele. Samuti peab olema tagatud piisav ilmastikukindlus. Topis peab taluma võimalikku vihma sadu, kuna püük sooritatakse välitingimustes. Seade peab olema kaasaskantav ning kergesti teisaldatav, et püüki sooritaval isikul oleks võimalik topis metsa toimetada.

### **4.2. Elektroonika nõuded**

Seadmel peab olema kaasaskantav toide ning aku peab suutma vastu pidada ühe terve püügi, mis vältab keskestlubi 3-4 tundi. Seade peab suutma tekitada heliväljundit, mis sarnaneb tegeliku linnu helile ning heli peab olema piisava valjusega, et seda oleks loodusmüra kuulda.

### **4.3. Programmi nõuded**

Seade peab suutma sooritada liigutusi ning häälistsusi iseseisvalt üle kindla aja perioodi.



## **5. Mehaanika kirjeldus**

### **5.1. Topise ehituse kirjeldus**

Topis on tehtud Pärnumaalt leitud merikotka korjusest. Surma tagajärjeks leiti olevat kokkupõrge autoga. Topise sisu on tehtud polüuretaanist. Polüuretaan on isotsüanaadi ja polüooli reageerimisel tekkiv polümeer. Materjal on valdavalt lihtsasti voolitav, et uuristada detailidele õõnsusi, ent mehhaaniliselt piisavalt tugev ning kujupüsiv, et seadme osi oleks võimalik kinni kruvida [10].

### **5.2. Mootorite valik ja tööpõhimõte**

Servomootor on seadeldis, mis koosneb alalisvoolumootorist, hammasratastest ja väikesest kontrollplaadist, mis kogub infot positsioneerimissensorilt.

Alalisvoolumootori peamisteks koostisosadeks on paigal seisev staator ja pöörlev rootor. Staator koosneb püsिमagnetitest, rootor mähistest ja kommutaatorist. Mootoris rakendatakse magnetväljas tekkivat Lorentzi jõudu, mis üritab sees paiknevat rootorit tasakaaluasendisse suruda. Antud asendisse jõudes pöörduv kommutaator nii palju, et mähisel oleva pinge polaarsus muutub ning tekib uuesti keerav jõud. Alalisvoolumootorite pöörlemissuuna muutmiseks kasutatakse H-sildu. Mootorite eelisteks on väikesed mõõtmed, madal hind ning suur erivõimsus [11].

Hammasrataste lisamine vähendab tunduvalt pöördekiirust, suurendades seeläbi pöördemomenti. Kontrollplaadi abil juhitakse alalisvoolumootori tööd. Kontrollplaat hangib infot sensorilt, mis tunnetab, kui kaugel mootor soovitud positsioonist on. Plaat annab läbi H-silla vastava polaarsusega pinget mootori soovitud positsiooni viimiseks [12]. Infot, kuhu positsiooni mootor on vaja viia, saadakse PWM-signaali kasutades. Näiteks 50 Hz signaali juures 1,5 ms pikkuse impulsiga on mootor otseasendis, 1 ms impulsiga 45-kraadise nurga all paremale ning 2 ms pikkuse impulsiga 45-kraadise nurga all paremale.

Mootori valik osutus servode kasuks, kuna projekti raames on vaja liigutada üsna kogukaid objekte ning seda tuleb teha kindlas ulatuses. Servode positsioneerimisvõimalus ning suur pöördemoment sobivad selleks hästi.

Konkreetsed servod, mida antud projektis kasutatakse, on TowardPro MG936R. Antud mootorite toitepinge vahemik on 4,8 – 7,2 volti ning pöördemoment 10,5 kg/cm ning 13 kg/cm vastavalt 4,8 ja 6 voldi juures. Mootori mõõtmed on 40,7 x 19,7 x 42,9 (mm) [13]. Maksimaalseks voolutarbeks on mõõdetud 2 ning seisuasendis 0,02 amprit. Antud projekti raames toidetakse servosid 5V juures ning saadavast pöördemomendist peaks piisama tiibade jässete liigutamiseks. Samuti on mõõdetud piisavalt väiksed, et topise kesses ära mahtuda.

### 5.3. Komponentide paigutus

Komponentide paigutamisel topisesse rõhutakse diskreetsusele ning kasutusvaldkonnale. Kõlar paigutatakse topise sabapiirkonna alla, et sabasuled kaitseksid seadet peale sadava vihma eest. Samuti jääb ebaloomuliku kujuga ese sellise paigutuse juures ülelennul olevale röövlinnule märkamatuks. Patareipakk paikneb topisekere seljapiirkonnas, et võimaldada patareide vahetust. Servomootorid paigutuvad topise rinnakupiirkonda, kuna tiibade liigutamiseks kasutatavad õlaluud ning pea asuvad selles piirkonnas. Kontrollplaat asub topise keskosas, kuna sealt on kõige mugavam seadmeid ühendada.



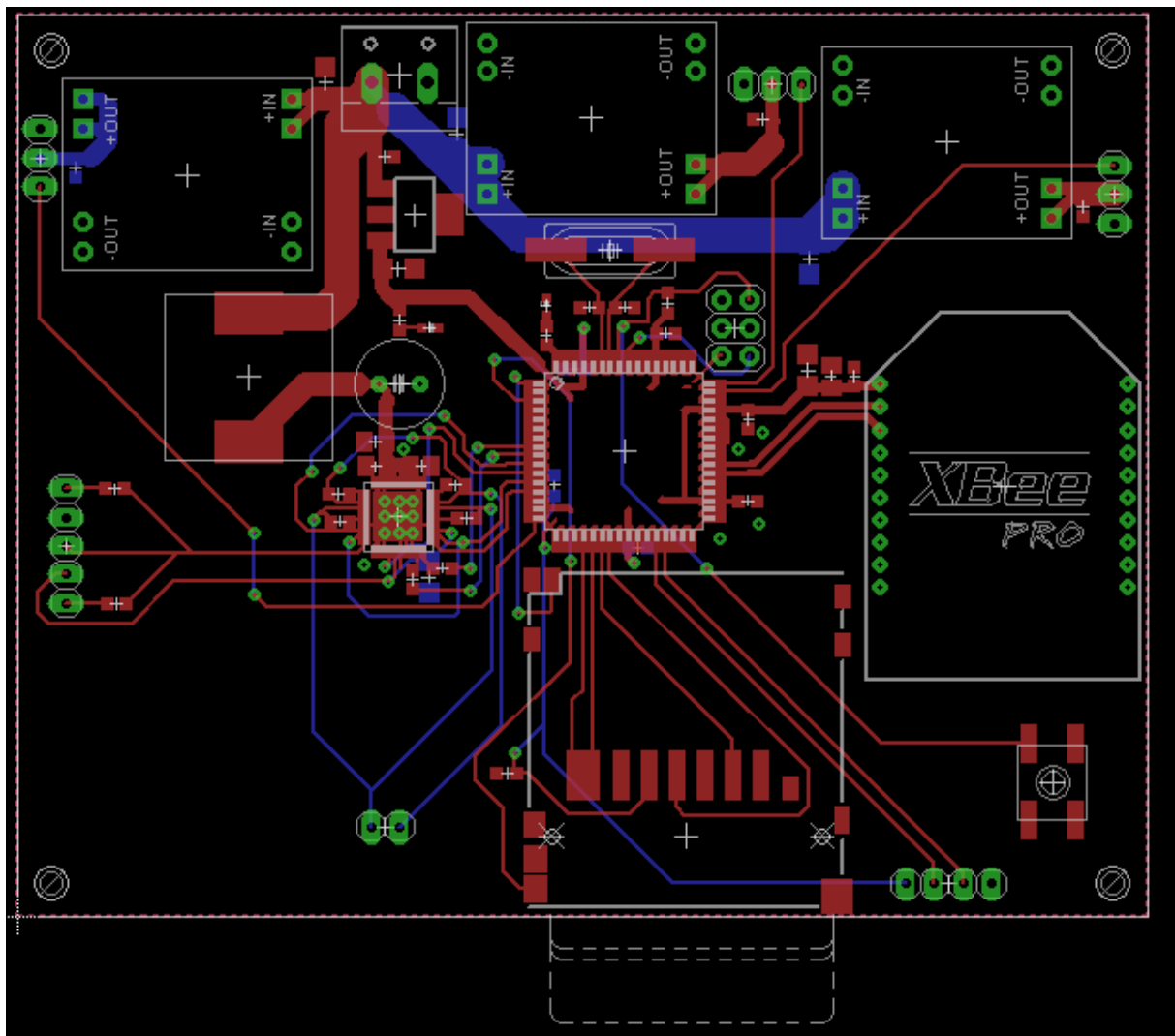
**Joonis 2. Illustratiivne merikotka pilt demonstreerimaks komponentide paigutust: 1 – kõlar 2 – patareipakk, 3 – servomootorid, 4 – trükkplaat. [14]**

## 6. Elektroonika kirjeldus

Seadme elektroonika võimaldab juhtida kolme servomootorit ning mängida linnule kohaseid häälistsusi. Elektroonika koosneb kontrollplaadist, et juhtida seadmete tööd, kõlarist, mis tagab heliväljundi, mootoritest, mis jäsemeid liigutavad, ning patareipakist, mille abil kogu süsteemi toidetakse.

### 6.1. Kontrollplaadi disain

Servomootorite juhtmiseks ning helisignaalide genereerimiseks on seadmel kontrollplaat. Plaadil on mikrokontroller, mis koordineerib kõigi seadmete tööd. Seadmete ühendamiseks on mitmed liidesed. Servomootorid, programmeerimiseks kasutatav programmaator ning koodi silumiseks olev UART moodul ühendatakse plaadile läbi väljatoodud viikude. Helipalade mängimiseks vajalikud andmed hangitakse SD-kaardi pealt, millega suhtlemiseks on spetsiaalne SD-kaardi lugeja. Kontrolleril on helisignaali õigesse formaati viimiseks digitaal-analoog muundur, mille väljundit kõlarile võimendatakse läbi võimendi. Võimendi toitmiseks on plaadi toitepinge 12V. Voolujuhtmete ühendamiseks on kruviterminal. Kuna kõik kontrollplaadi elemendid ei tööta 12V pingega, on plaadile paigutatud kahte tüüpi pingeregulaatorid. Toiterajad on võimalikult laiad, et mootoritele ning kõlarile kuluvat suurt voolukogust hajutada. Trükkplaadi nurkades on puuraugud, mis võimaldavad plaaditopisesse kinnitamist. Joonis skeemist asub lisas 1.



**Joonis 3. Trükkplaadi disain**

## 6.2. Komponendid

### 6.2.1. Mikrokontroller

Valituks osutus 8/16-bitine ATxmega64A3U-AU. Kahe kanaliga digitaal-analoog muundur oli üks peamisi põhjuseid kivi valikul, kuna võimaldab topise heliväljundi funktsiooni lihtsa täitmise võimalust. DAC moodulit kasutades muudetakse SD-kaardilt saadavad heliandmed kõlarile vastuvõetavaks analoogsignaaliks. Kontroller töötab pingevahemikus 1,6-3,6 volti ning omab 50 programmeeritavat sisend-väljundviiku. Kivil on seitse 16-bitist taimerit, millest kolme kasutatakse servomootorite signaali tekitamiseks ning ühte asendimuutuste ajastamiseks. SD-kaardilt andmete kogumiseks kasutatakse SPI liidest. Kontrollerit

programmeeritakse läbi PDI liidese ning koodi silumiseks kasutatakse nii USART kui ka port A teist jalga, mille külge on ühendatud LED indikaator. ATxmega kasutab kellasageduse tekitamiseks välist kristalli [15]. lihtsa joodetavuse tõttu sai valitud TQFN korpuses variant.

### 6.2.2. Heli

Heliväljundi saamiseks kasutatakse Visaton FR87/4 kõlarit. Kõlari valikul said otsustavaks mitmed parameetrid. Kõlar peab olema piisavalt väike, et mahtuda topise mõõtmetesse. Kõlarile langev pinge peab olema piisavalt madal, et seda oleks mõistlik mikroskeemil genereerida. Heli peab olema piisavalt võimas, et metsas oleks häält kuulda. Visaton kõlari füüsilised mõõtmed on 84,5 x 84,5 x 39 (mm) ning mahuvad kenasti ära topisesse. Kõlaril on 4Ω suurune takistus, mis võimaldab kasutada võrdlemisi madalaid pingeid. Võimsuseks on hinnatud 10 W, millest peaks antud ülesande sooritamiseks piisama [16] [17].

Mikrokontrolleri digitaal-analoogmuundurist tuleva helisignaali võimsuse suurendamiseks kasutatakse võimendit. Võimendi klassidest eristatakse 4 suuremat: A-, B-, AB- ning D-klass:

A-tüüpi võimendi on lineaarne võimendi. Klass-A võimendi puhul teeb tööd üks transistor ning heli võimendatakse signaali perioodi terves ulatuses. Seega järgitakse sisendsignaali konstantselt ning tegemist on kõige kvaliteetsema helivõimendi tüübiga. Samuti on klass A võimendid neljast väljatoodud variandist kõige ebaefektiivsemad. Kuna võimendi on kogu aeg voolu all ning töö käigus üle jäävat voolu kusagil ei rakendata, siis esineb ka konstantne energiakadu, mis eraldub soojusena. A-tüüpi võimendite efektiivsust hinnatakse umbes 20% juurde ning madala kasuteguri tõttu leiavad antud võimendid rakendust vaid nišikaubana. [18] [19]

B-tüüpi võimendi on samuti lineaarne, ent erinevalt A-võimendist on B-klassi võimendites kaks transistori, millest üks võimendab signaali positiivset ning teine negatiivset harja. Signaali võimendus toimub vaid poole perioodi ulatuses. Selline tehnoloogia on efektiivsem, kui A-tüübil. Hinnanguliselt on kasutegur kuni 50%. Samas esineb signaalis moonutusi, kuna helisignaali üleminekualas tekib olukord, kus kumbki transistor ei võimenda. [18] [19]

Klass AB-tüüpi võimendid on kahe eelneva tüübi kooslus, mis ehituselt sarnanevad B-tüüpi võimendile. Kasutatakse kahte transistori, millest üks võimendab signaali positiivset, teine negatiivset osa. Vastupidiselt B-klassi võimendile töötavad üleminekupiirkonnas mõlemad transistorid. AB-tüüpi võimendi teeb olenevalt sätetest tööd poole ning terve signaaliperioodi vahemikus. Selline tehnoloogia vähendab tavalise B-klassi võimendiga kaasnevat moonutust ning töötab umbes sama efektiivselt. Hinnanguline kasutegur on 50%. [18] [19]

D-klassi võimendis teevad samuti tööd kaks transistori, ent antud võimendis rakendatakse neid lülitrežiimis. D-tüüpi võimendi muundab sisendina tuleva helisignaali kolmnurksagedust tekitava ostsillaatori abil kõrgsageduslikuks PWM signaaliks. Muundatud signaal suunatakse läbi transistoride, kus üks transistor kinnises olekus maandab signaali ning teine ühendab toitepingega. Töö ajal on üks lülititest avatud ning teine kinni. Selle tulemusena tekib kõrgsageduslik ruutsignaal. Võimendatud helisignaali väljutamiseks juhitakse PWM signaal läbi madalpääsfiltri, mis ühtlasi eemaldab lülitustel tekkiva kõrgsagedusliku müra.

Teoreetiliselt on D-klassi võimendite kasutegur 100%. Ideaalse lüliti lahtioleku ajal puudub takistus ning voolu läbimisel ei esine kadusid. Samas kinnisel lülil on takistus lõpmatu, mistõttu vool seda ei läbi. Seega voolukadu ning sellest tulenevat energiakadu pole. Kuigi reaalses elus pole ükski komponent ideaalne, on D-klassi võimendi siiski ülimalt efektiivne, hinnanguliselt 90-95%. Kõrge efektiivsuse tõttu eraldub D-tüüpi võimendites väga vähe soojust ning selle tulemusel saavad võimendi mõõtmed olla väikesed [19]. Võimendi valikul eelistati D-klassi teist tüüpi võimenditele, kuna väikesed mõõtmed vähendavad kontrollplaadi pinda, mis võimaldab paremat mahutatavust topise keresse. Samuti väheneb kõrge efektiivsusega ka voolutarve, mis on akutoitega seadme jaoks oluline faktor.

Antud seadmes kasutatakse SSM3302 võimendit, mis kasutab heli võimendamiseks delta-sigma modulatsiooni. Võimendi töötab pingevahemikus 7-18 V ning on võimeline juhtima kahte 10 vatist 4-oomise takistusega kõlarit. Mono-olekus suudab kiip juhtida 2  $\Omega$ , 20 W kõlareid. Tegemist on kõrget efektiivsust omava seadmega. 8-oomise impedantsiga, 10-vatise kõlari juhtimisel on efektiivsus 82%. Ühtlasi on sellel 98-detsibelline signaali-müra suhe [20]. Signaali-müra suhe näitab kasuliku signaali ning sellele lisandunud müra võimsuse suhet. Võimendi valikus oli tähtis, et see oleks võimeline väikse voolutarbe ning kõrge efektiivsusega juhtima linnuhääli mängivat kõlarit, et vältida plaadi ülekuumenemist ning suurendada aku vastupidavust.

### **6.2.3. Raadiosaatja-vastuvõtja**

Tuleviku arenduse jaoks on plaadile paigutatud ka viigud raadiosaatja-vastuvõtja ühendamiseks. Kommunikatsiooniseade võimaldaks manuaalset kontrolli topise üle. Viigud sobivad Zigbee XBee PRO moodulile. Zigbee moodul võimaldab kommunikatsiooni 1,5 km kauguselt, mis on enam kui piisav kaugus peibutisest, jäämaks püütavale isendile märkamatuks.

#### 6.2.4. Muud komponendid

Skeemi koostamisel sai valitud plaadi toiteks 12 V, kuna see on piisavalt suur pinge, et kõlar ei tarbiks liialt palju voolu, ent on samas piisav, et kindlustada kõlari võimsus. Toiteallikana kasutatakse kaheksat AA-tüüpi patareid, et suurendada seadme mobiilsust.

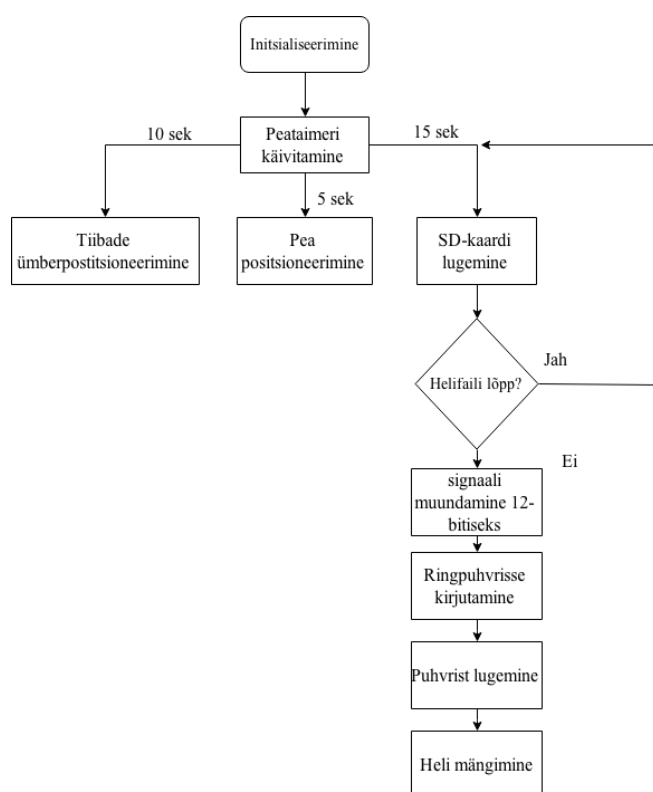
Seadmel on 3 DC-DC-tüüpi muudetava väljundiga pingeregulaatormoodulit. DC-DC võimaldab sisendpinge vähendamist. Väljundpinge väärtus on seadistatav tänu moodulil asetsevale potentsiomeetrile. DC-DC pingeregulaator töötab lülitisüsteemina. Lülituste abil on võimalik tekitada kõrgesageduslikku PWM signaali, mis vähendab väljundpinget vastavalt lüliti kinni- ja lahtioleku aja suhtele. Regulaatoris olevate transistoride lülitirežiimis kasutamise tõttu on antud pingeregulaatorid väga efektiivsed. Samas kaasneb lülitustega müra. [21] [22] Helisüsteemi kaitsmiseks nii DC-DC, kui ka mootoritest tuleneva müra eest on seadmele lisatud 470uH suurune induktor, mis koos 470 uF kondensaatoriga moodustab helivõimendi ette madalpääsfiltri. Kuna antud müra on kõrgsageduslik, siis see eemaldatakse. Seadmel olevad DC-DC regulaatorid langetavad 12-voldise toitepinge 5 voldini. 5 voldi suurust pinget kasutatakse servomootorite toitmiseks.

Ühtlasi on seadmel üks LDO-tüüpi lineaarne pingeregulaator. Kuigi LDOs reguleeritakse pinget samuti transistori abil, on tegemist vähem efektiivse vahendiga. Põhjuseks transistoride kasutusmeetod. LDOs ei kasutata transistore lülititena, vaid lineaarselt. Transistorist läheb läbi vaid soovitud väljundpingeks vajaminev kogus voolu ning üle jäävat voolu ei kasutata millekski. Seetõttu eraldub üle jäävast voolust tulenev energia soojusena. Seega tuleb jälgida LDO regulaatorit läbivat voolukogust, et hoida plaati ülekuumenemast. LDO eeliseks on lihtne ehitus, odav hind ning vähene mürahulk. Erinevalt DC-DC regulaatoritest neil puuduvad lülitussüsteemid, mis tekitaks müra [22]. Seade kasutab LDOd 12 V toitepinge muutmiseks 3,3 V pingeks, mis toidab mikrokontrollerit ning SD-kaardi lugejat. Kuna tegu pole voolunõudlike detailidega, saab antud töö tegemiseks kasutada just LDO-d.

## 7. Juhtprogramm

Kood on kirjutatud C keeles Atmel Studio keskkonnas ning mikrokontrolleri programmeerimiseks PDI liidese vahendusel kasutatakse AVRISP mkII programmeatorit. Koodi tööpõhimõte on väga lihtne: plaadile toite andmisel sooritavad topise jäsemed kindlate ajaintervallide järel liigutusi ning kõlar teeb häält.

### 7.1. Plokkskeem



Joonis 4. Seadme juhtprogrammi plokkskeem

### 7.2. Mootorite juhtimine

Mootorite juhtimine algab taimerite initsialiseerimisega. Mootorite juhtimine käib lõputus tsüklis, kus tiibade liigutamisega tegelevad mootorid positsioneerivad end sünkroonselt. Tiibu liigutavad mootorid kahe asendi vahel. Pead liigutatakse 90-kraadises amplituudis suvalise mustri järgi. Mootoreid liigutatakse üle kümnesekundilise perioodi. Servode positsioneerimiseks genereeritakse ühendusviikudele PWM-signaal, mille impulsipikkus ning



periood määratakse initsialiseerimisel. Kuna mikrokontroller võimaldab mitmetasandilisi katkestusi, siis saab hõlpsasti kolmanda taimeri abil tekitada mootorite liigutamiseks takti.

### **7.3. Heliväljund**

Heliväljundi saamiseks tuli esmalt saada kätte andmed SD-kaardilt. SD-kaardiga suhtlemiseks kasutati FatFs teeki, mis võimaldab lihtsat ligipääsu mälukaardil olevatele andmetele [23]. Helifailide lugemisel on arvestatud, et SD-kaardil olevad andmed on .wav formaadis ning 16 KHz diskreetimissagedusega. Saadud andmed kirjutatakse ringpuhvrisse ning uusi andmeid loetakse peale heli mängimise ajal. Kuna digitaal-analoogmuundur on 12-bitise registriga, sai loodud funktsioon, muutmaks 16-bitised sisendandmed vastavasse formaati. Heli mängimiseks vajalikke andmeid loetakse ning väljastatakse kõlarisse sama taimeri takti järgi, millega liigutatakse mootoreid.

### **7.4. Silumine**

Koodi silumiseks kasutati valgusdiodi, UART moodulit ning ostsilloskoopi. Valgusdiodi kasutati mikrokontrolleri töötamise ning madala sagedusega signaalide pealiskaudseks kontrollimiseks. Taimeritele edastatavat signaali kuju kontrolliti ostsilloskoobiga. Samuti on plaadil välja toodud viigud UART mooduli ühendamiseks. UART mooduliga kontrolliti registre väärtusi ning kuna AVRISP mkII ei võimalda katkestuspunktide kasutamist, siis sai läbi UARTi kontrollida koodi jõudmist erinevatesse funktsioonidesse.

## 8. Kokkuvõte

Töö käigus loodi seade, mida oleks võimalik rakendada looduskaitselistel eesmärkidel kotkapüügiks. Kotkaste püük võimaldab saada lindude eluolu kohta paremat infot ning annab satelliitsaatjate vahendusel võimaluse linnu liikumisi ja käitumist jälgida ka tulevikus. Jälgimine võimaldab kaitsta ning säilitada ohustatud liigi elupaiku.

Antud töö käigus disainiti riistvaralahendus topisele, mis on mõeldud käitumaks peibutisena ning meelitama lindu lõksu sattuma. Seade on võimeline üle kindla perioodi liigutama erinevaid jäsemeid ning väljastama linnule omaseid häälsignaale.

Töö sissejuhatav osa kirjeldab Eesti kotkaste tagamaid ning viib lugeja käesoleva valdkonnaga kurssi. Samuti pannakse töö alguses paika seadmele rakenduvad nõuded, millele sai seadme disainil tuginetud.

Töö sisulises pooles kirjeldatakse erinevate komponentide valikut ning tööpõhimõtet, võttes aluseks eelnevalt paika pandud nõuded. Mehaanika kirjelduses räägitakse topiseks kasutatavate materjalide päritolust ning koostisest. Samuti kirjeldatakse töös kasutatavaid mootoreid ning illustreeritakse komponentide paigutuse tagamaid. Elektroonika kirjeldus hõlmab endas kontrollplaadi disaini ning komponentide valiku selgitamist. Tuuakse esile erinevate seadmete näitajad ja funktsioonid ning viiakse need kooskõlla esitatud nõuetega. Juhtprogrammi osas seletatakse mikrokontrolleril oleva programmi funktsioone.

Lõpuosas kirjeldatakse töö käigus tekkinud probleeme ning nende lahendusi. Samuti pakutakse välja arendamise käigus tekkinud ideid seadme edaspidiseks täiendamiseks. Näiteks puldisüsteemi lisamine, mis võimaldaks seadme käsitsijuhtimist ning annaks suurema kontrolli püügi käekäigu üle.

# Abstract

## **A Robotic stuffed animal used for catching eagles for conservatory purposes**

Ott Sellis

Estonia has six species of eagle, all of whom are members of the most strict defence category. These birds are monitored annually by the non-governmental organization Eagle Club. Not only do the members of this club monitor the nests of eagles, they also apply satellite and GPS receivers on the adults in order to get more data about their migration and life habits. This new way of monitoring helps the enthusiasts to discover further nesting areas and thus apply methods to preserve and protect these areas.

The target of this project is to create a robotic stuffed animal which would help catch the eagles for inspection and allow the placement of satellites used for GPS tracking. The stuffed animal has the ability to move its limbs and sound like a real bird so it can be used as bait in the trapping process.

The project starts with the study of Estonian eagles. It gives a brief outlook on their situation and status in Estonia and explains the means on how these situations can be improved towards the benefit of eagles.

The main part focuses on the design of the device. Firstly, it describes the system requirements that are taken into consideration whilst choosing different components. In addition it describes the choices made while choosing and placing the hardware. It highlights their features and matches these features with the requirements it also explains the placement inside the stuffed animal of these components. Lastly, it focuses on the software used in the microcontroller giving the overview of source code and describing different methods and their usage.

The last part focuses on different problems that surfaced while developing the system and how they were solved and also suggests what kind of future advancements could taken into consideration and made.

## 9. Kasutatud kirjandus

1. „Lecture 10: Magnetic Force, Magnetic Fields, Ampere’s Law“, Scott Hughes, Massachusetts Institute of Technology Department of Physics, 2005.  
<http://web.mit.edu/sahughes/www/8.022/lec10.pdf>.
2. Kotkaste tutvustus, MTÜ Kotkaklubi koduleht, <http://www.kotkas.ee/kotkad/>
3. Lindude jälgimise tutvustus, MTÜ Kotkaklubi koduleht,"  
<http://www.kotkas.ee/tegevused/lindude-jaelgimine-saatjate-abil>.
4. L. Ash, "Traps and Trapping in The Modern Apprentice"  
[http://www.themodernapprentice.com/traps\\_and\\_trapping.htm](http://www.themodernapprentice.com/traps_and_trapping.htm).
5. Kotkaste ja must-toonekure seire 2014. aastal  
[http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/3111/Kotkaste%20seire%202013\\_aruanne.pdf](http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/3111/Kotkaste%20seire%202013_aruanne.pdf).
6. Madukotkast, MTÜ Kotkaklubi koduleht  
<http://www.kotkas.ee/kotkaliigid/madukotkas>.
7. Kotkaklubist, MTÜ Kotkaklubi koduleht  
<http://www.kotkas.ee/kotkaklubi/>.
8. *"The Greater Spotted Eagle, A Bird Like No Other"* (Film) Greater Spotted Eagle Conservation Project, 2013
9. "Greater Spotted Eagle", Vaibhav Mishra foto, 2009  
[http://www.birdforum.net/opus/Greater\\_Spotted\\_Eagle](http://www.birdforum.net/opus/Greater_Spotted_Eagle)
10. Polüuretaan (PUR) isolatsioonimaterjalina, MTÜ Eesti Isolatsiooniettevõtjate Liit,  
[http://www.eiel.ee/web/index.php?lang=et&page\\_id=36](http://www.eiel.ee/web/index.php?lang=et&page_id=36)
11. Robotiehitamise juhend, alalisvoolumootori kirjeldus, Alar Ainla, Alvo Aabloo  
<http://digi.physic.ut.ee/mypages/oppetoo/robotex/vahendid/files/Alalisvoolumootor.pdf>

12. S. B. Howard Eglowstein, "Introduction to servo motors,"  
[http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project\\_ideas/Robotics\\_ServoMotors.shtml](http://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/project_ideas/Robotics_ServoMotors.shtml).
13. TowardPro Servo MG-946R Metal Gear Servo Motor by Virtuabotix  
<https://www.virtuabotix.com/product/towardpro-servo-mg-946r-metal-gear-servo-motor/>
14. Merikotka joonis, Eesti Entsüklopeedia <http://entsyklopeedia.ee/artikkel/merikotkas1>
15. Atmel, "8/16-bit Atmel Xmega A3U Microcontroller ATxmega256A3U / ATxmega192A3U / ATxmega128A3U / ATxmega64A3U Datasheet  
[http://www.atmel.com/Images/Atmel-8386-8-and-16-bit-AVR-Microcontroller-ATxmega64A3U-128A3U-192A3U-256A3U\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-8386-8-and-16-bit-AVR-Microcontroller-ATxmega64A3U-128A3U-192A3U-256A3U_datasheet.pdf)
16. Brent Butterworth, "Speaker Impedance: What does it mean?,"  
<http://stereos.about.com/od/faqs/qt/Speaker-Impedance-What-Does-It-Mean.htm>
17. Visaton valjuhääldi andmeleht, Visatoni koduleht  
[http://www.visaton.com/en/industrie/breitband/fr87\\_4.html](http://www.visaton.com/en/industrie/breitband/fr87_4.html)
18. Amplifier Classes Explained, Electronics Tutorials <http://www.electronics-tutorials.ws/amplifier/amplifier-classes.html>
19. J. A. Jun Honda, "Class D Audio Amplifier Basics," 2005 <http://www.irf.com/technical-info/appnotes/an-1071.pdf>
20. 2x10 W Filterless Class-D Stereo Audio Amplifier SSM3302 Datasheet, Analog Devices, <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/SSM3302.pdf>
21. R. W. Erickson, "DC-DC Power Converters,"  
<http://ecee.colorado.edu/ecen4517/materials/Encyc.pdf>
22. H. J. Zhang, "Basic Concepts of Linear Regulator and Switching Mode Power Supplies," 2003. <http://cds.linear.com/docs/en/application-note/AN140fa.pdf>.
23. FatFs - Generic FAT File System Module [http://elm-chan.org/fsw/ff/00index\\_e.html](http://elm-chan.org/fsw/ff/00index_e.html).

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Ott Sellis,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose  
„LOODUSKAITSELISTEL EESMÄRKIDEL KOTKAPÜÜGIKS KASUTATAV  
ROBOTTOPIIS“,

mille juhendaja on Artur Abels,

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas  
digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja  
lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas  
digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **22.05.2015**

# 10. Lisad

## Lisa 1. Trükkplaadi skeem

